



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Die Beurteilung der Repro- und Druckqualität mit Hilfe von Meßtechnik und EDV-Methoden : Dokumentation einer Entwicklung, die mit dem fortschreitenden Einsatz immaterieller Informationsträger eng verknüpft ist

Hradezky, Roland

(1978)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014052>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering
16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14052>



Sonderdruck aus »Deutscher Drucker«
Unabhängiges Fachmagazin für die Druckindustrie
Nr. 9 und 10/1978

Dr.-Ing. ROLAND HRADEZKY

Die Beurteilung der Repro- und Druckqualität mit Hilfe von Meßtechnik und EDV-Methoden

**Dokumentation einer Entwicklung, die mit dem fortschreitenden
Einsatz immaterieller Informationsträger eng verknüpft ist**



Die Beurteilung der Repro- und Druckqualität mit Hilfe von Meßtechnik und EDV-Methoden

Dr.-Ing. ROLAND HRADEZKY¹

Dokumentation einer Entwicklung, die mit dem fortschreitenden Einsatz immaterieller Informationsträger eng verknüpft ist

Ein allgemeiner Produktionsprozeß wird mit der Endkontrolle der gefertigten Artikel abgeschlossen, und eine Kontrolle ist nur dann objektiv und eindeutig möglich, wenn eine Bewertung des Ist-Zustandes durch Vergleich mit vorgegebenen Normen meßtechnisch durchführbar ist. Im Fall eines Reproduktions- und Druckprozesses ist zwar der Soll-Zustand des Druckproduktes durch die Druckvorlage bzw. durch den Andruck vorgegeben, eine quantitativ bestimmbare Aussage über den Grad der Identität von Soll- und Ist-Zustand ist aber bisher nur beschränkt möglich, vorwiegend subjektiv visuell bedingte Kriterien gelten als ausschlaggebend. Eine Standardisierung und vor allem eine Automatisierung des Druckprozesses ist dadurch bisher noch nicht bedingungslos möglich. Diese Tatsache gewinnt besondere Bedeutung, wenn die auf der DRUPA '77 demonstrierten Möglichkeiten des Einsatzes von Elektronik und EDV in der Praxis Eingang gefunden haben. Bedingt durch diese Fortentwicklung erst war die Realisierung neuer Reproduktions- und Vervielfältigungstechniken möglich, bei denen als Druck- oder Vervielfältigungsvorlagen nicht mehr nur reelle Bilder (Fotos, Dias) am Anfang des jeweiligen Prozesses stehen. Vielmehr können die der jeweiligen Vorlage entsprechenden Bilddaten (Dichten oder Farbreize diskreter Bildpunkte), wie sie sich von einem Scanner oder einer Videokamera ermitteln lassen, in Massenspeichern (wie Magnetband und Magnetplatte) abgelegt und zur Ansteuerung geeigneter Geräte eingesetzt werden. Das »Ink-Jet«-Verfahren, der Ganzseiten-Fotosatz und auch Andruckdisplays (z. B. das »Chro-

maskop« von Hell) arbeiten nach diesem Prinzip. Unter besonderer Beachtung der anfangs beschriebenen Problema-

tik ist leicht einzusehen, daß eine qualitätssichernde Kontrolle der einzelnen Prozeßabschnitte bei diesen neuen Verfahren mit

den bisherigen meßtechnischen und/oder visuellen Prüfmethoden nicht mehr möglich ist.

Neue Produktionsmethoden erfordern neue Prüfmethoden

Aber auch die Beurteilung der Qualitäten von Produkten konventioneller Reproduktions- und Druckverfahren ist bisher nicht genügend objektiviert, um etwa mit Einsatz von Prozeßrechnern eine automatische Prozeßsteuerung vornehmen zu können.

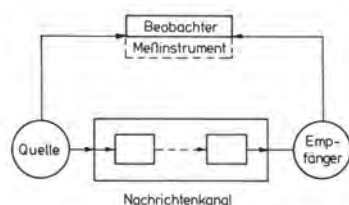


Abbildung 1: Schema eines Nachrichtenprozesses.

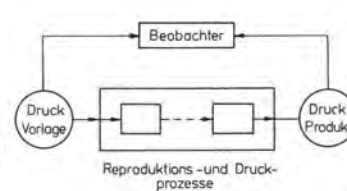


Abbildung 2: Schema eines Reproduktions- und Druckprozesses.

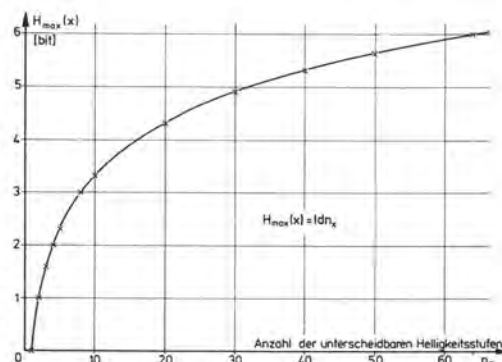


Abbildung 3: Maximaler Informationsgehalt $H_{max}(x)$ als Funktion der unterscheidbaren Helligkeitsstufen.

Abbildung 3a: Abhängigkeit der mit dem Auge noch zu unterscheidenden Anzahl Graustufen von der Rasterlinienanzahl.

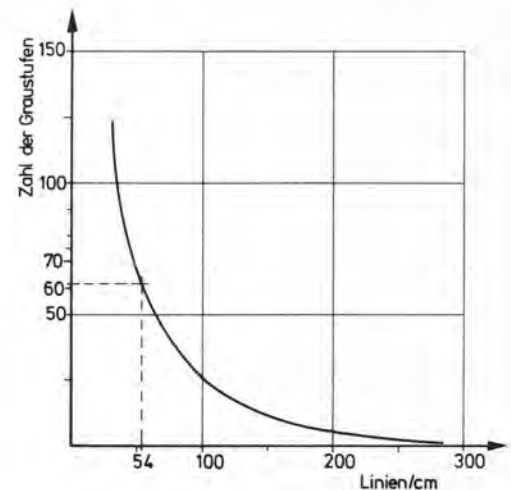


Abbildung 4: Druckvorlage »A« (etwa 50% verkleinert).



Abbildung 5: Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen der Druckvorlage »A«. Informationsgehalt $H(x) = 5,92$ bit/Bildelement.

¹ Dr.-Ing. R. Hradezky ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt. Institutsleiter: Prof. Dipl.-Ing. K. R. Scheuter.



Abbildung 6: Druckvorlage »C« (etwa 50 % verkleinert).

Neue Produktionsmethoden bedingen also neue Prüfmethode, die sich selbst an der Technologie der Produktion orientieren sollten, um mit Rücksicht auf die Genauigkeit ihrer Aussagen und der Zeit- und Kostenersparnis kurze Verfahrenswege zu garantieren. Wenn also z. B. eine Druckvorlage bereits von einem Scanner oder einer Videokamera abgetastet wird und die Bilddaten in einem Speicher auf Abruf bereitstehen, dann sollen auch diese Bilddaten zur Qualitätssicherung mit herangezogen werden. Die Praktiker werden jetzt natürlich einwerfen, daß die Qualität z. B. eines Druckes nicht durch EDV-Methoden meßbar und damit beschreibbar sei. Die Ausführungen in diesem Bericht werden versuchen, Möglichkeiten in dieser Richtung aufzuzeigen; dabei soll nicht darauf abgezielt werden, jegliche gesunde Skepsis auszuschalten. Es soll vielmehr der Anfang einer Entwicklung dokumentiert werden, deren Fortgang eng mit der zunehmenden Implementierung von EDV-

Abbildung 7: ► Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen der Druckvorlage »C«. Informationsgehalt $H(x) = 5,30$ bit/Bildelement.

Wahrscheinlichkeit	Verteilung
0,00	0,000000
0,01	0,000000
0,02	0,000000
0,03	0,000000
0,04	0,000000
0,05	0,000000
0,06	0,000000
0,07	0,000000
0,08	0,000000
0,09	0,000000
0,10	0,000000
0,11	0,000000
0,12	0,000000
0,13	0,000000
0,14	0,000000
0,15	0,000000
0,16	0,000000
0,17	0,000000
0,18	0,000000
0,19	0,000000
0,20	0,000000
0,21	0,000000
0,22	0,000000
0,23	0,000000
0,24	0,000000
0,25	0,000000
0,26	0,000000
0,27	0,000000
0,28	0,000000
0,29	0,000000
0,30	0,000000
0,31	0,000000
0,32	0,000000
0,33	0,000000
0,34	0,000000
0,35	0,000000
0,36	0,000000
0,37	0,000000
0,38	0,000000
0,39	0,000000
0,40	0,000000
0,41	0,000000
0,42	0,000000
0,43	0,000000
0,44	0,000000
0,45	0,000000
0,46	0,000000
0,47	0,000000
0,48	0,000000
0,49	0,000000
0,50	0,000000
0,51	0,000000
0,52	0,000000
0,53	0,000000
0,54	0,000000
0,55	0,000000
0,56	0,000000
0,57	0,000000
0,58	0,000000
0,59	0,000000
0,60	0,000000
0,61	0,000000
0,62	0,000000
0,63	0,000000
0,64	0,000000
0,65	0,000000
0,66	0,000000
0,67	0,000000
0,68	0,000000
0,69	0,000000
0,70	0,000000
0,71	0,000000
0,72	0,000000
0,73	0,000000
0,74	0,000000
0,75	0,000000
0,76	0,000000
0,77	0,000000
0,78	0,000000
0,79	0,000000
0,80	0,000000
0,81	0,000000
0,82	0,000000
0,83	0,000000
0,84	0,000000
0,85	0,000000
0,86	0,000000
0,87	0,000000
0,88	0,000000
0,89	0,000000
0,90	0,000000
0,91	0,000000
0,92	0,000000
0,93	0,000000
0,94	0,000000
0,95	0,000000
0,96	0,000000
0,97	0,000000
0,98	0,000000
0,99	0,000000
1,00	0,000000



Abbildung 8: Mangelhafte Reproduktion von Druckvorlage »C« (zu wenig Farbe beim Druck).

Peripherie in der Druckindustrie verknüpft sein wird. Dabei kann nicht auf etwas Theorie und Versuchstechnik verzichtet werden, um die für den grafischen Bereich neue Denkweise zu dokumentieren. Eine ausführliche Beschreibung

Abbildung 9: ► Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen der Reproduktion von Druckvorlage »C«. Informationsgehalt $H(y) = 4,79$ bit/Bildelement.

Wahrscheinlichkeit	Verteilung
0,00	0,000000
0,01	0,000000
0,02	0,000000
0,03	0,000000
0,04	0,000000
0,05	0,000000
0,06	0,000000
0,07	0,000000
0,08	0,000000
0,09	0,000000
0,10	0,000000
0,11	0,000000
0,12	0,000000
0,13	0,000000
0,14	0,000000
0,15	0,000000
0,16	0,000000
0,17	0,000000
0,18	0,000000
0,19	0,000000
0,20	0,000000
0,21	0,000000
0,22	0,000000
0,23	0,000000
0,24	0,000000
0,25	0,000000
0,26	0,000000
0,27	0,000000
0,28	0,000000
0,29	0,000000
0,30	0,000000
0,31	0,000000
0,32	0,000000
0,33	0,000000
0,34	0,000000
0,35	0,000000
0,36	0,000000
0,37	0,000000
0,38	0,000000
0,39	0,000000
0,40	0,000000
0,41	0,000000
0,42	0,000000
0,43	0,000000
0,44	0,000000
0,45	0,000000
0,46	0,000000
0,47	0,000000
0,48	0,000000
0,49	0,000000
0,50	0,000000
0,51	0,000000
0,52	0,000000
0,53	0,000000
0,54	0,000000
0,55	0,000000
0,56	0,000000
0,57	0,000000
0,58	0,000000
0,59	0,000000
0,60	0,000000
0,61	0,000000
0,62	0,000000
0,63	0,000000
0,64	0,000000
0,65	0,000000
0,66	0,000000
0,67	0,000000
0,68	0,000000
0,69	0,000000
0,70	0,000000
0,71	0,000000
0,72	0,000000
0,73	0,000000
0,74	0,000000
0,75	0,000000
0,76	0,000000
0,77	0,000000
0,78	0,000000
0,79	0,000000
0,80	0,000000
0,81	0,000000
0,82	0,000000
0,83	0,000000
0,84	0,000000
0,85	0,000000
0,86	0,000000
0,87	0,000000
0,88	0,000000
0,89	0,000000
0,90	0,000000
0,91	0,000000
0,92	0,000000
0,93	0,000000
0,94	0,000000
0,95	0,000000
0,96	0,000000
0,97	0,000000
0,98	0,000000
0,99	0,000000
1,00	0,000000

kann dem Institutsbericht 1/1977 »Objektive Qualitätsbeurteilung von Druckprodukten und Möglichkeiten zur analytischen Behandlung von Reproduktions- und Druckprozessen mit Hilfe der Informationstheorie« entnommen werden. Der Bericht ist erhältlich bei der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e. V., Postfach 71 01 09, 6000 Frankfurt/M. 71.

Druckqualität – nur ein subjektiver Begriff?

Wenn Eigenschaften einer Sache oder eines Objektes durch eine Angabe von Zahlen definierbar sein sollen, muß eine Maßeinheit zugrunde gelegt werden können, deren Skalierung eine numerische Zuordnung zuläßt. Ist für die Definition der Druckqualität so etwas möglich?

Für die Beantwortung dieser Frage muß erst einmal der Begriff »Druckqualität« analysiert werden, denn »Druckqualität« bedeutet für den Reprömann und für den Drucker eine Aussage über das technisch Realisierbare, während für den meist drucktechnisch nicht versierten Verbraucher die »Druckqualität« durch einen subjektiv bedingten Grad des Wohlgefallens bestimmbar ist. Demnach stellt die Qua-

lität eines Druckerzeugnisses eine Summeneigenschaft von Gestaltungsqualität, Materialqualität und Druckqualität dar (1). Während die Gestaltungsqualität nur beschränkt durch meßtechnische Qualitätsparameter bewertet werden kann, wird die Material- und Druckqualität durch das Zusammenwirken von physikalischen, chemischen und visuellen Faktoren gekennzeichnet.

Da der Mensch noch das Maß aller Dinge ist (mit Recht), ist die Druckindustrie in letzter Instanz (dem Urteil des Verbrauchers) größtenteils von einer subjektiv visuellen Qualitätsbeurteilung ihrer Erzeugnisse abhängig,

da die vom Kunden vorgegebene Gestaltungsqualität in Form einer Druckvorlage als direktes Maß für die Qualität der Reproduktion von ihm auch in diesem Sinne gebraucht wird. Der Zwang zur Rationalisierung durch Standardisierung in der Druckindustrie bedingt aber eine weitgehende Versachlichung der ästhetischen Bewertung von Druckprodukten und den Einsatz von vorwiegend physikalisch und

Wahrscheinlichkeit	Verteilung
0,00	0,000000
0,01	0,000000
0,02	0,000000
0,03	0,000000
0,04	0,000000
0,05	0,000000
0,06	0,000000
0,07	0,000000
0,08	0,000000
0,09	0,000000
0,10	0,000000
0,11	0,000000
0,12	0,000000
0,13	0,000000
0,14	0,000000
0,15	0,000000
0,16	0,000000
0,17	0,000000
0,18	0,000000
0,19	0,000000
0,20	0,000000
0,21	0,000000
0,22	0,000000
0,23	0,000000
0,24	0,000000
0,25	0,000000
0,26	0,000000
0,27	0,000000
0,28	0,000000
0,29	0,000000
0,30	0,000000
0,31	0,000000
0,32	0,000000
0,33	0,000000
0,34	0,000000
0,35	0,000000
0,36	0,000000
0,37	0,000000
0,38	0,000000
0,39	0,000000
0,40	0,000000
0,41	0,000000
0,42	0,000000
0,43	0,000000
0,44	0,000000
0,45	0,000000
0,46	0,000000
0,47	0,000000
0,48	0,000000
0,49	0,000000
0,50	0,000000
0,51	0,000000
0,52	0,000000
0,53	0,000000
0,54	0,000000
0,55	0,000000
0,56	0,000000
0,57	0,000000
0,58	0,000000
0,59	0,000000
0,60	0,000000
0,61	0,000000
0,62	0,000000
0,63	0,000000
0,64	0,000000
0,65	0,000000
0,66	0,000000
0,67	0,000000
0,68	0,000000
0,69	0,000000
0,70	0,000000
0,71	0,000000
0,72	0,000000
0,73	0,000000
0,74	0,000000
0,75	0,000000
0,76	0,000000
0,77	0,000000
0,78	0,000000
0,79	0,000000
0,80	0,000000
0,81	0,000000
0,82	0,000000
0,83	0,000000
0,84	0,000000
0,85	0,000000
0,86	0,000000
0,87	0,000000
0,88	0,000000
0,89	0,000000
0,90	0,000000
0,91	0,000000
0,92	0,000000
0,93	0,000000
0,94	0,000000
0,95	0,000000
0,96	0,000000
0,97	0,000000
0,98	0,000000
0,99	0,000000
1,00	0,000000

Abbildung 11: Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen der Druckvorlage »E«. Informationsgehalt $H(x) = 5,43$ bit/Bildelement.



Abbildung 10: Druckvorlage »E« (etwa 30 % verkleinert).

chemisch belegbaren Prüfmethode, die jeden Produktionsschritt steuerbar und damit reproduzierbar machen.

Die bei konventionellen Reproduktions- und Druckverfahren praktizierten Kontrollverfahren basieren vorwiegend auf einer visuell subjektiven Kontrolle, deren Aussage durch Beobachten und Messen von Fehlererscheinungen an mitgedruckten Kontrollelementen in nur ungenügendem Maße objektiviert wird. Auch die bisherigen Labormethoden einer quantitativen Bildanalyse orientieren sich nur an bestimmten Druckdefekten (z. B. »missing dots« beim Tiefdruckverfahren) und geben somit keine generelle Auskunft über die erzielte Druckqualität.

Da aber langfristig die Automatisierung des Reproduktions- und Druckprozesses angestrebt wird, muß das menschliche Handeln durch eine Simulation visueller und feinmotorischer Impulse ersetzt werden. Da im Bereich der

Reproduktions- und Drucktechnik visuell relevante Information nur aus dem Druckprodukt selbst entnommen werden kann, muß eine problemangepaßte quantitative Bildanalyse zur Qualitätssicherung und damit zur Prozeßsteuerung als Voraussetzung vorhanden sein. Da die quantitative Definition einer absoluten Qualität wegen der Subjektivität der Gestaltungsqualität nicht durchführbar ist, können nur die Material- und Druckqualität relativ zu einem Standard quantitativ beurteilt werden. Wird die Druckvorlage als Standard herangezogen, wird die Gestaltungsqualität irrelevant, da diese ja im Druckbild und in der Druckvorlage konstant ist und somit durch die zur Druckvorlage relative Qualitätsaussage eliminiert wird. Die oben erwähnte Simulation sollte sich demnach an einer meßtechnisch erfaßbaren Beziehung einer Druckvorlage zu ihrem gedruckten Abbild orientieren.

Der Reproduktions- und Druckprozeß als informationsverarbeitender Prozeß

Eine Simulation des menschlichen visuellen Empfindens setzt Eigenschaften der Vorlagen und Drucke voraus, die für das humane visuelle System und für Meßinstrumente gleichermaßen erkennbar sind. Diese Eigenschaften sind für das Auge der Detailreichtum und der Schwärzungs- oder Farbumfang; für ein geeignetes Meßinstrument plus Rechenlogik lassen sich diese Eigenschaften durch den sogenannten Informationsgehalt der Druckvorlagen und Drucke definieren (1, 2).

Der »Informationsgehalt« ist ein Begriff aus der von Shannon (3) begründeten Informationstheorie, die bisher vorwiegend in der Nachrichtentechnik bei der Übermittlung von Information in Form elektrischer Signale (Telefon, Fernsehen, Meßsignale) ihren praktischen Niederschlag gefunden hat. Schematisch kann eine solche Übertragung durch eine Signalquelle (z. B. eine Fernsehkamera), durch den Übertragungskanal (Leitungen, elektronische Schaltungen) und durch den Empfänger (z. B. Fernsehempfänger) definiert werden (s. Abbildung 1) (4). Der gesamte Übertragungskanal selbst kann aus mehreren Teilkanälen oder Teilprozessen zusammengesetzt sein (Sendeeinrichtung, Antenne, elektromagnetische Wellen, Antennenleitung usw.). Es gibt kei-

nen realen Übertragungskanal, der die am Eingang anstehenden Signale ohne Störungen oder Verluste bis zum Empfänger wei-

terleitet. Durch geeignete Wahl der Struktur der Signalquelle können die Übertragungskanäle für die jeweiligen praktischen Belange sicher genug ausgelegt werden. Mit Meßeinrichtungen kann die Effizienz einer Signalübertragung beobachtet werden.

Aber auch auf dem grafischen Sektor spricht man von Informationsübertragung, wobei im herkömmlichen Sinn unter dem Begriff »Information« reale Bilder, Zeichen und Buchstaben verstanden werden. Da aber der Informationsbegriff im Sinne der Informationstheorie an eine (zeit- und/oder ortsabhängige) Folge von Signalen gebunden ist, müssen auch für den Fall eines Reproduktions- und Druckprozesses problemadäquate Signale definierbar sein. Diese Signale, die in der Informationstheorie auch Ereignisse genannt werden, sind durch die Meßwerte der Dichten bzw. Farbreize diskreter Bildpunkte gegeben (5), wie sie auch bei Faksimilegeräten und Digitalscannern zur Informationsübertragung Anwendung finden. Die oben angeführte Signalquelle ist beispielsweise durch die Druckvorlage, der Übertragungskanal durch die einzelnen Reproduktions- und Druckprozesse und der Signalempfänger durch das Druckprodukt realisierbar (s. Abbildung 2).



Abbildung 12: Reproduktion von Druckvorlage »E« (zu wenig Farbe beim Druck).



Abbildung 13: Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen einer Reproduktion von Druckvorlage »E«, Informationsgehalt $H(y) = 4,67 \text{ bit/Bildelement}$.

Analog zur Übertragung primär elektrischer Signale finden auch beim Reproduktions- und Druckprozeß Informationsträgerwechsel (z. B. Film – Druckplatte) und Umcodierungen (Positiv – Negativ) statt (2). Diese Umcodierungen beeinflussen aber den Informationsbegriff nicht, da dieser frei von semantischen Aspekten ist. Die Semantik untersucht die Relation von logisch verknüpften Zeichen (z. B. ein geschriebenes Wort) zur Wirklichkeit bzw. zum subjektiven Inhalt, während die klassische Informationstheorie von der Semantik gelöst ist. Ein auf den Kopf gestelltes Bild behält den gleichen Informationsgehalt. Es ist für den menschlichen Sehsinn nur eine Frage des Umdenkens (= Umcodierens), auch ein auf den Kopf gestelltes Bild »inhaltlich« in eine nicht »verkehrte« Welt einzuordnen.

Eine Nachricht im informationstheoretischen Sinn entsteht durch einmalige oder fortgesetzte Auswahl aus einer Menge von vorgegebenen Möglichkeiten. So entsteht z. B. der vorliegende Text durch Auswahl aus dem Wortschatz der deutschen Sprache bzw. durch Auswahl aus den Buchstaben des lateinischen Alphabets. Diese Auswahl kann eingeschränkt sein durch gewisse Regeln (z. B. Syntax der deutschen Sprache), aber sie ist nicht determiniert. Die Auswahl erfolgt durch die Nachrichtenquelle, den Sender, sie wird beobachtet durch den Beobachter oder Empfänger. Das eine wie das andere kann ein Mensch sein, aber ebenso auch ein Gerät; die Quelle z. B. ein Fernmeßgerät, der Empfänger eine Regelanlage (s. Abbildung 1).

Informationsgehalt einer Druckvorlage

Angewendet auf eine Druckvorlage, ist die in ihr enthaltene Nachricht durch die Auswahl der bildbestimmenden Ereignisse (= Dichten oder Farbreize diskreter Bildpunkte in der Größenordnung des Augauflösungsvermögens, etwa $0,01 \times 0,01 \text{ mm}$) definierbar. Die »Schwierigkeit« der Auswahl und damit die aufzuwendende Information ist durch die Wahrscheinlichkeitsverteilung und durch die Anzahl der unterscheidbaren, bildbestimmenden Ereignisse vorgegeben: Zur Erzeugung einer Volltonfläche wird keinerlei Information benötigt, da ja alle »Bildelemente« gleich sind, dagegen bei einem strukturierten Bild mit vielen unterschiedlichen Farbreizen ist

eine gewisse Menge an Information notwendig, um ein solches Bild aus einzelnen Bildelementen aufzubauen (Beispiel: Puzzlespiele mit einer Vielzahl von einzelnen Bildelementen). Umgekehrt wird dadurch in einem strukturierten Bild Information gespeichert, während eine Volltonfläche keinerlei Information enthalten kann. Diese bildhafte Darstellung des Informationsbegriffes ist für eine praktische Realisierung, d. h. für eine meßtechnisch, rechnerische Ermittlung des Informationsgehaltes von Druckvorlagen und Drucken, nicht ausreichend; die Möglichkeit einer quantitativen Beschreibung eines Reproduktions- und Druckprozesses mit Hilfe der Informationstheorie bedingt ein Maß für den Informationsgehalt einer Druckvorlage.

Allgemein gilt nach Shannon (3) als Maß der Information I (Informationsgehalt) die Gleichung 1:

$$I(x_i) = \lg p(x_i) \text{ [bit]}$$

($\lg \triangleq$ Logarithmus zur Basis 2).

Diese Definition sagt aus, daß einem bestimmten Ding oder Ereignis x_i (z. B. bestimmtes Bildelement der Dichte i) mit der Wahrscheinlichkeit $p(x_i)$, die auch als ein Maß für die Seltenheit des Ereignisses x_i interpretiert werden kann, ein Informationswert zugeordnet werden kann, denn je seltener ein Ereignis auftritt, um so höher ist sein Informationswert.

Treten n_x unterschiedliche Ereignisse mit den Wahrscheinlichkeiten $p(x_i)$ $i = 1, n_x$ auf, läßt sich durch den Erwartungswert (Gl. 2)

$$H(x) = - \sum_{i=1}^{n_x} p(x_i) \times \lg p(x_i)$$

[bit/Bildelement] angeben, wieviel Ja-Nein-Entscheidungen (= 1 bit) im Durchschnitt getroffen werden müssen, um aus n_x verschiedenen Ereignissen (z. B. n_x Puzzleelementen) ein bestimmtes (z. B. x_3), für den Beobachter relevantes und interessantes Ereignis auszuwählen. Für den Fall einer Druckvorlage (z. B. Fotografie) als Quelle der Information können als Ereignisse die Dichten oder Farbtreue diskreter Bildpunkte gewählt werden. Die Forderung nach visuell relevanten, d. h. sichtbaren Ereignissen beschränkt die unendliche Zahl von möglichen Ereignissen (kontinuierliche Dichte- oder Farbtreueverteilung) auf eine endliche Zahl gerade noch mit dem Auge unterscheidbarer Bildpunkte.

Für das Augauflösungsvermögen können eine Rasterteilung von etwa 50 Linien/cm und eine An-



Abbildung 14: ▲ Reproduktion von Druckvorlage »E« (spitzere Kopie, zu viel Farbe beim Drucken).

Abbildung 15: ► Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen einer Reproduktion von Druckvorlage »E«.

Abbildung 15: ► Verteilung der relativen Häufigkeiten von 100 000 Bildelementen einer Reproduktion von Druckvorlage »E«. Informationsgehalt $H(y) = 4,87$ bit/Bildelement.

Helligkeitsstufe	rel. Häufigkeit	rel. Häufigkeit	rel. Häufigkeit	rel. Häufigkeit	rel. Häufigkeit
1	0,000000	101	0,000000	201	0,000000
2	0,000000	102	0,000000	202	0,000000
3	0,000000	103	0,000000	203	0,000000
4	0,000000	104	0,000000	204	0,000000
5	0,000000	105	0,000000	205	0,000000
6	0,000000	106	0,000000	206	0,000000
7	0,000000	107	0,000000	207	0,000000
8	0,000000	108	0,000000	208	0,000000
9	0,000000	109	0,000000	209	0,000000
10	0,000000	110	0,000000	210	0,000000
11	0,000000	111	0,000000	211	0,000000
12	0,000000	112	0,000000	212	0,000000
13	0,000000	113	0,000000	213	0,000000
14	0,000000	114	0,000000	214	0,000000
15	0,000000	115	0,000000	215	0,000000
16	0,000000	116	0,000000	216	0,000000
17	0,000000	117	0,000000	217	0,000000
18	0,000000	118	0,000000	218	0,000000
19	0,000000	119	0,000000	219	0,000000
20	0,000000	120	0,000000	220	0,000000
21	0,000000	121	0,000000	221	0,000000
22	0,000000	122	0,000000	222	0,000000
23	0,000000	123	0,000000	223	0,000000
24	0,000000	124	0,000000	224	0,000000
25	0,000000	125	0,000000	225	0,000000
26	0,000000	126	0,000000	226	0,000000
27	0,000000	127	0,000000	227	0,000000
28	0,000000	128	0,000000	228	0,000000
29	0,000000	129	0,000000	229	0,000000
30	0,000000	130	0,000000	230	0,000000
31	0,000000	131	0,000000	231	0,000000
32	0,000000	132	0,000000	232	0,000000
33	0,000000	133	0,000000	233	0,000000
34	0,000000	134	0,000000	234	0,000000
35	0,000000	135	0,000000	235	0,000000
36	0,000000	136	0,000000	236	0,000000
37	0,000000	137	0,000000	237	0,000000
38	0,000000	138	0,000000	238	0,000000
39	0,000000	139	0,000000	239	0,000000
40	0,000000	140	0,000000	240	0,000000
41	0,000000	141	0,000000	241	0,000000
42	0,000000	142	0,000000	242	0,000000
43	0,000000	143	0,000000	243	0,000000
44	0,000000	144	0,000000	244	0,000000
45	0,000000	145	0,000000	245	0,000000
46	0,000000	146	0,000000	246	0,000000
47	0,000000	147	0,000000	247	0,000000
48	0,000000	148	0,000000	248	0,000000
49	0,000000	149	0,000000	249	0,000000
50	0,000000	150	0,000000	250	0,000000
51	0,000000	151	0,000000	251	0,000000
52	0,000000	152	0,000000	252	0,000000
53	0,000000	153	0,000000	253	0,000000
54	0,000000	154	0,000000	254	0,000000
55	0,000000	155	0,000000	255	0,000000
56	0,000000	156	0,000000	256	0,000000
57	0,000000	157	0,000000	257	0,000000
58	0,000000	158	0,000000	258	0,000000
59	0,000000	159	0,000000	259	0,000000
60	0,000000	160	0,000000	260	0,000000
61	0,000000	161	0,000000	261	0,000000
62	0,000000	162	0,000000	262	0,000000
63	0,000000	163	0,000000	263	0,000000
64	0,000000	164	0,000000	264	0,000000
65	0,000000	165	0,000000	265	0,000000
66	0,000000	166	0,000000	266	0,000000
67	0,000000	167	0,000000	267	0,000000
68	0,000000	168	0,000000	268	0,000000
69	0,000000	169	0,000000	269	0,000000
70	0,000000	170	0,000000	270	0,000000
71	0,000000	171	0,000000	271	0,000000
72	0,000000	172	0,000000	272	0,000000
73	0,000000	173	0,000000	273	0,000000
74	0,000000	174	0,000000	274	0,000000
75	0,000000	175	0,000000	275	0,000000
76	0,000000	176	0,000000	276	0,000000
77	0,000000	177	0,000000	277	0,000000
78	0,000000	178	0,000000	278	0,000000
79	0,000000	179	0,000000	279	0,000000
80	0,000000	180	0,000000	280	0,000000
81	0,000000	181	0,000000	281	0,000000
82	0,000000	182	0,000000	282	0,000000
83	0,000000	183	0,000000	283	0,000000
84	0,000000	184	0,000000	284	0,000000
85	0,000000	185	0,000000	285	0,000000
86	0,000000	186	0,000000	286	0,000000
87	0,000000	187	0,000000	287	0,000000
88	0,000000	188	0,000000	288	0,000000
89	0,000000	189	0,000000	289	0,000000
90	0,000000	190	0,000000	290	0,000000
91	0,000000	191	0,000000	291	0,000000
92	0,000000	192	0,000000	292	0,000000
93	0,000000	193	0,000000	293	0,000000
94	0,000000	194	0,000000	294	0,000000
95	0,000000	195	0,000000	295	0,000000
96	0,000000	196	0,000000	296	0,000000
97	0,000000	197	0,000000	297	0,000000
98	0,000000	198	0,000000	298	0,000000
99	0,000000	199	0,000000	299	0,000000
100	0,000000	200	0,000000	300	0,000000

zahl von 60 bis 70 Helligkeitsstufen (für unbunte Druckvorlagen) als Kriterien für die untere Grenze gerade nicht mehr visuell trennbarer Bildetails angenommen werden. Für ein Bild in Postkartengröße mit 400 000 Meßwerten (= Bildelementen) ergibt sich aus diesen Angaben ein maximaler Informationsgehalt von etwa 6 bit/Bildelement (s. Abbildung 3) bzw. ein maximaler Gesamtinformationsgehalt von $6 \times 4 \times 10^5 = 2,4 \times 10^6$ bit.

Da die Anzahl der in einem Druck reproduzierbaren, unterscheidbaren Helligkeitsstufen sehr stark vom Druckverfahren, vom Papier und von der Rasterweite abhängt (s. Abbildung 3a), ist also die drucktechnisch reproduzierbare Informationsmenge grundsätzlich auch von den genannten Parametern abhängig.

Visuelle Information

Die Meßwerte, die der definierten informationstheoretischen Größe $H(x)$ zugrunde zu legen sind, nämlich die Dichten oder Farbtreue diskreter Bildpunkte, können durch einen Abtastpro-

zeß mit Hilfe eines Scanners ermittelt, digitalisiert und auf Band gespeichert werden. In einem Computer können die Meßdaten statistisch aufbereitet und zweckentsprechend verarbeitet werden.

Um das eben Gesagte auch durch visuell verarbeitbare »Information« zu untermauern, sind die für die Berechnung der Informationsgehalte maßgebenden Größen, nämlich die Wahrscheinlichkeiten (oder angenähert die relativen Häufigkeiten) $p(x_i)$, für verschiedene Bildvorlagen in Form von Blockdiagrammen aufgeführt (s. Abbildungen 4, 5, 6 und 7). Aus der Verteilung der relativen Häufigkeiten des Auftretens einer jeden Helligkeitsstufe läßt sich bereits ein qualitativer Eindruck von der Größe des jeweiligen Informationsgehaltes ableiten. Das Diagramm der Abbildung 5 zeigt eine relativ ausgeglichene Verteilung, so daß sich auch ein sehr hoher Informationsgehalt von $H(x) = 5,92$ bit/Element (maximal: 6 bit/Element bei 64 Graustufen) berechnen läßt. Dagegen zeigt Abbildung 7 eine sehr ungleiche

Verteilung der Helligkeiten (sehr viel dunkle Bildstellen in Abbildung 6), so daß auch der Informationsgehalt nur 5,30 bit/Element ausmacht. Zwischen diesen beiden Werten liegt der Informationsgehalt des abstrakten Bildes von Klee, Abbildung 10, mit $H(x) = 5,43$ bit/Element, dessen Helligkeitsverteilung die Abbildung 11 zeigt.

Bewertung der Prozeßeigenschaften

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß es möglich ist, eine Druckvorlage und die aus ihr resultierenden Drucke durch eine quantitativ belegbare Größe, den Informationsgehalt $H(x)$ bzw. $H(y)$ bit/Element, zu beschreiben (x ist der Index für Prozeßeingang, y für Prozeßausgang). Da, wie bereits erwähnt, kein realer informationsübertragender Prozeß verlust- und störungsfrei arbeitet, muß es auch möglich sein, den Ablauf des Prozesses Vorlage — Druck (s. Abbildung 2) durch Angabe der Anteile an Informationsverlusten (Äquivalenz) und Störungen (Irrelevanz) zu definieren. Diese Anteile sind durch Vergleich der Balkendiagramme der Abbildungen 7 und 9 bzw. Abbildungen 11, 13 und 15 unschwer qualitativ zu erkennen. Informationsverluste treten beispielsweise durch einen geringeren Dichtumfang und Störungen durch eine Änderung der Gradation auf. In einem Informationsflußdiagramm (Abbildung 16) sind die Verhältnisse leichter überschaubar. Der Term T (= Transinformation) kennzeichnet den Anteil an Information, der unverfälscht aus der Druckvorlage im Druck wiedergefunden werden kann. Auf die Balkendiagramme angewendet, ist dieser Anteil durch das ähnliche Profil (Hüllkurve) der Kurvenverläufe charakterisierbar. Da alle Größen in dem Flußdiagramm der Abbildung 16 quantitativ ermittelt werden können (nach ähnlichen Beziehungen wie die Gleichung 2), ist es möglich, einen Prozeß-

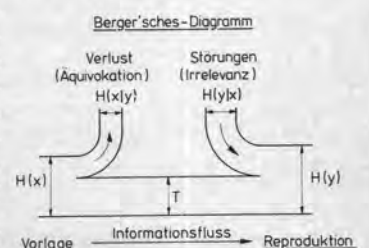


Abbildung 16: Modell eines informationsübertragenden Systems (Informationsflußdiagramm).

wirkungsgrad » η « zu berechnen, wie er etwa für einen Motor oder ein Getriebe bekannt ist:

$$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$$

Der »Nutzen« ist die verwendbare Information (= Transinformation T) bzw. die vom Motor abgegebene Leistung. Zum Aufwand wird alles das gezählt, was in den Prozeß einfließt – beim Motor die Wärmemenge des verbrauchten Kraftstoffs und beim informationsverarbeitenden Prozeß der Informationsgehalt der Vorlage und der Störungsanteil, Irrelevanz genannt. Geht man von der Voraussetzung aus, daß es das Ziel eines Reproduktions- und Druckprozesses sein soll, eine Vorlage möglichst exakt zu vervielfältigen, so ist ein informationstheoretisch hergeleiteter Prozeßwirkungsgrad

$$q = \frac{\text{Nutzinformation}}{\text{Eingangs- + Störinformation}}$$

auch als Gütegrad für die erzielte Qualität der Vervielfältigung definierbar.

Mit den informationstheoretischen Symbolen aus der Abbil-

dung 16 für die Nutzinformation = Transinformation T, die Eingangsinformation $H(x)$ und die Störinformation = Irrelevanz $H(y|x)$ läßt sich die Formel für den Gütegrad durch

$$q = \frac{T}{H(x) + H(y|x)} (-)$$

angeben.

In einer früheren Arbeit (2) konnte auch gezeigt werden, daß diese Definition der Übertragungsgüte durch Analogien mit Gesetzen der Thermodynamik aus der klassischen Physik hergeleitet werden kann (6).

An dieser Stelle soll noch einmal ausdrücklich vermerkt werden, daß mit dem Gütegrad »q« keine absolute Qualitätsbeurteilung angestrebt werden kann, sondern nur eine Beurteilung relativ zur Druckvorlage, da die absolute Qualität, also der Sollzustand in Form der Vorlage selbst, durch die Gestaltungsqualität bereits vorgegeben ist.

Wegen der Allgemeingültigkeit des Gütegrades »q« ist seine Anwendung nicht nur auf die drucktechnisch orientierte Informationsübertragung beschränkt.

Abtastens mehrerer Bildvorlagen. In Zusammenarbeit mit der Firma Dr.-Ing. Rudolf Hell, Kiel, konnte ein handelsüblicher Scanner den Erfordernissen weitgehend angepaßt werden.

2. Auswählen von Druckvorlagen und Herstellen qualitativ unterschiedlicher Drucke.

Geeignete Drucke von den 6 Druckvorlagen wurden zu 14 Seiten à 5 bis 8 Bildern zusammengestellt. Im sog. »Paarweisen Vergleich« (7, 8) wurden die Testdrucke einer jeden Serie von bis zu 72 Testpersonen (Fachleute und Laien) im Vergleich mit der jeweiligen Druckvorlage in Hinsicht auf die zur Druckvorlage erreichte Gesamtqualität bewertet. Ziel und Ergebnis dieses Vorgehens war eine subjektiv empfundene Qualitätsrangfolge der Drucke einer jeden Serie. Die Mittelung über alle Versuchspersonen ergab als Ergebnis die Reaktionen des sogenannten »Normalbeobachters«.

Insgesamt wurden 520 Befragungen durchgeführt, dabei mußten von allen Testpersonen zusammen etwa 12 000 Entscheidungen getroffen werden.

Da die Tests bundesweit durchgeführt worden waren, erkennt vielleicht mancher der Leser die Resultate seiner Bemühungen hier wieder.

3. Scannen von Druckvorlagen und den aus ihr resultierenden Drucken.

Die Scandaten, Dichten diskreter Bildpunkte (Größe: 0,13 mm²) wurden auf Band gespeichert (et-

wa 100 000 Meßwerte/Testbild). Im Computer wurde der Gütegrad »q« für jede Kombination Vorlage – Druck berechnet. Ergebnis dieses Vorgehens war für jede Testserie eine objektive Qualitätsrangfolge aufgrund meßtechnisch informationstheoretischer Vorgehensweise.

Insgesamt wurden für die Durchführung dieser Untersuchungen 300 Mio. Daten verarbeitet.

4. Vergleich der Ergebnisse der Punkte 2 und 3.

Die subjektiven und objektiven Qualitätsrangfolgen wurden verglichen und geprüft, ob eine statistisch genügend gesicherte Übereinstimmung in der subjektiv visuellen Bewertung mit der objektiv meßtechnischen Bewertung festgestellt werden kann.

Die Untersuchung der in Punkt 4 angeführten Fragestellung führte für alle Versuche zu einem positiven Ergebnis.

Die Abbildungen 17 und 18 zeigen das Ergebnis zweier Versuche. Die tendenzielle Übereinstimmung der visuell subjektiven Bewertung (Z_s -Werte, obere Diagrammsäulen) mit der informationstheoretischen Bewertung (QI, II-Werte, untere Diagrammsäulen) ist bereits visuell leicht erkennbar. Da sich die Übereinstimmung für alle Versuche auch als statistisch genügend gesichert erwiesen hat, kann das oben angeführte theoretische Vorgehen als bestätigt angesehen werden. Damit ist also auch eine Simula-

Grau ist alle Theorie – Möglichkeiten und Chancen einer praktischen Realisierung der beschriebenen Theorie

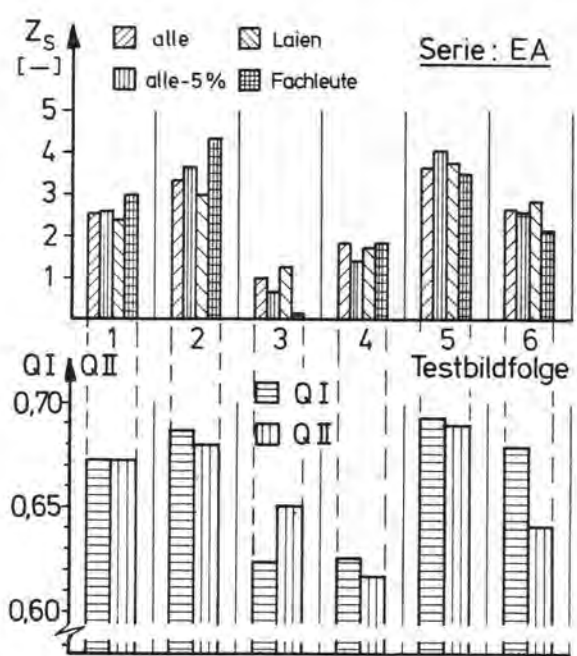
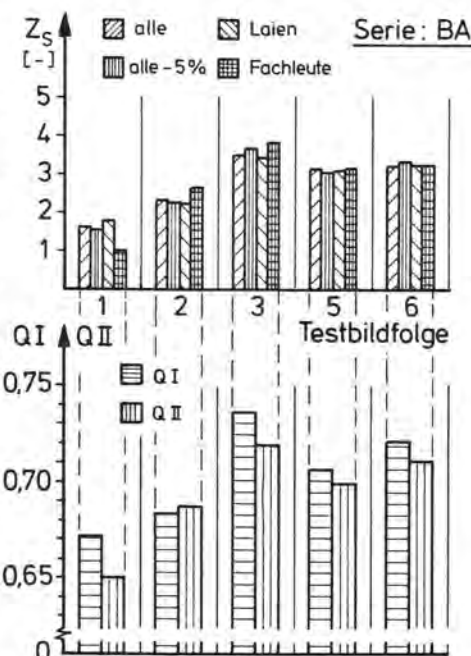
Bevor nun auf mögliche Konsequenzen und Möglichkeiten für die reproduktions- und drucktechnische Praxis eingegangen werden kann, muß in Ergänzung und zur Untermauerung der beschriebenen theoretischen Ableitungen noch der »Mensch als Maß aller Dinge« einbezogen werden.

Ursprung aller Überlegungen war eine Simulation des visuellen Empfindens hinsichtlich einer zur Druckvorlage relativen Druckqualitätsaussage durch meßtechnisch rechnerische Maßnahmen. Ob diese angestrebte Simulation wirklich praktischen Anforderungen gerecht werden kann, kann nur eine größere Anzahl psychophysikalischer Experimente zeigen, wie sie im folgenden kurz beschrieben werden. Diese Beschreibung ist notwendig, damit der an der Problematik interessierte Leser die praktische Relevanz des hier vorgeführten Stoffes besser abschätzen kann.

Die insgesamt 14 voneinander unabhängigen Versuche sind in vier Teilaufgaben gliederbar:

1. Entwickeln eines Meßgerätes, das die Abtastung und Speicherung von Bilddaten gestattet.

Konstruktionskriterien waren die erforderliche geometrische Detailauflösung (Augauflösung), die Auflösung hinsichtlich der Helligkeitsstufen und die Notwendigkeit des passergleichen



Abbildungen 17 und 18: Gegenüberstellung der Qualitätsrangfolgen der visuellen, subjektiven (Z_s -Werte) und der informationstheoretisch objektiven (QI, II-Werte) Qualitätsbewertung.

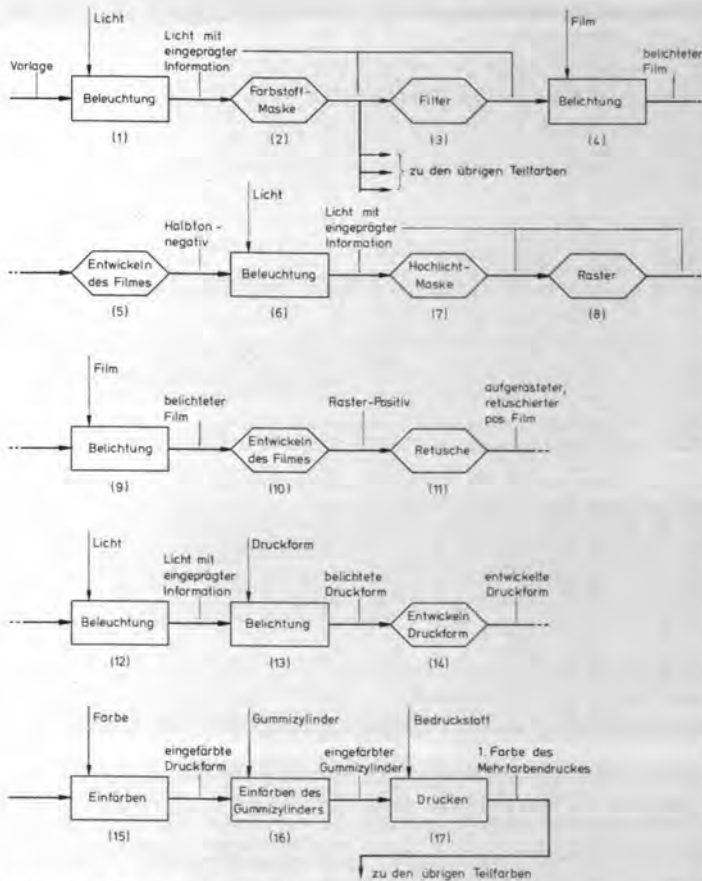


Abbildung 19: Beispiel einer Informationsübertragungskette, angewendet auf einen Reproduktions- und Druckprozeß für das Offsetverfahren.

tion des visuellen Empfindens durch die geschilderten theoretischen Ansätze zumindest für die vorliegende oder eine ähnliche Fragestellung durchführbar.

Ergebnis des visuellen Tests: Laien = Fachleute

Ein interessantes Nebenergebnis brachte die Auswertung der visuellen Tests. Fachleute und Laien zeigten im Mittel die gleichen Reaktionen, was die Beurteilung der Testbilder anbelangt (Abbildungen 17 und 18), da der Test keine fachlichen Qualifikationen voraussetzte.

Zu diesem Ergebnis sind auch andere Autoren mit ähnlichen Fragestellungen gekommen [9].

Die Befragungs- und Auswertungsmethodik des »Paarweisen Vergleichs« ermöglicht durch Inkonzern beim Beurteilen der Testbilder auch widersprüchliche Antworten der Testpersonen. In dieser Hinsicht waren die Fachleute (Drucker, Lithografen) den Laien überlegen, d. h. die Reaktionen bzw. Antworten der Fachleute waren sicherer und eindeutiger, was sicherlich auf die größere Erfahrung in Hinsicht auf die vergleichende Beurteilung von Druckergebnissen zurückzu-

führen ist. Auch zeigte es sich während des Tests, daß die Fachleute bestimmten, drucktechnisch als kritisch bekannten Bildausschnitten besondere Beachtung schenken und somit eindeutige Bewertungskriterien in den Test einbeziehen konnten.

Eine Eliminierung der »unsicheren« Testpersonen bei der Datenauswertung konnte das Gesamtergebnis aber nicht beeinflussen, wie die Abbildungen 17 und 18 zeigen (Diagrammsäulen mit der »-5 0/0«-Bezeichnung).

Der Reproduktions- und Druckprozeß als Folge von Teilprozessen

Die in den vorhergehenden Kapiteln behandelten Untersuchungen und deren Ergebnisse führen durch konsequente Beibehaltung des Informationsbegriffes im Sinne der Informationstheorie zur Prozeßanalyse und leisten damit einen Beitrag zu dem anschließend beschriebenen Problemkreis »Prozeßstandardisierung«.

Bisher wurde der Prozeß von der Vorlage bis zum fertigen Druck als Einheit betrachtet und seine Effizienz mit dem Gütegrad »q« beurteilt. Diese Vorgehensweise

war wegen der visuellen Bewertung am Anfang und Ende des Prozesses an die Notwendigkeit gebunden, die Bildinformation in gewohnter Form als positives Aufsichtsbild vorzufinden. Da aber die Semantik und damit die Subjektivität von der Informationstheorie ausgeschlossen ist, und der Informationsbegriff unabhängig von der Codierung (z. B. Positiv-Negativ-Raster-Halbtone) ist, können auch Teilprozesse (s. Abbildung 19), des Gesamtprozesses mit dem oben geschilderten informationstheoretischen Verfahren beschrieben und beurteilt werden. Wie die Abbildung 20 zeigt, läßt sich für jeden möglichen Teilprozeß ein Informationsflußdiagramm entwickeln. Die Ausgangsinformation des vorhergehenden Teilprozesses ist identisch mit der Eingangsinformation des folgenden Teilprozesses. Um die entsprechenden Teilprozesse zu untersuchen, müssen durch Scanprozesse die Bilddaten (Dichten oder Flächendeckungswerte) der jeweiligen Informationsträger, z. B. Rasternegativ oder Platte, gewonnen und gespeichert werden. Neben einer quantitativen Angabe über die Übertragungsgüte eines Teilprozesses durch den Gütegrad »q«, lassen sich auch die Übertragungsverhältnisse durch ein drei-dimensionales Computer-Diagramm darstellen (s. Abbildung 21). Diese Abbildung zeigt eine andere, wirklichkeitstreue Darstellung eines Quadranten im sogenannten Goldberg-Diagramm (s. Abbildung 22), das den Repro- und Druckfachleuten bekannt ist.

Im Computer-Diagramm der Abbildung 21 sind auf der waagerechten Achse die in der Druckvorlage vorkommenden Dichtestufen aufgetragen, auf der 45°-Achse die Dichten bzw. Flächendeckungsgrade des Rasterpositives. Die »schraffierten Hügel« geben die Streubreite an, mit der eine bestimmte Dichte aus der Vorlage im Rasterpositiv wiederzufinden ist.

Die verbindende Linie der Mittelwerte der einzelnen Streufelder ist identisch mit der Übertragungskennlinie in einem Goldberg-Diagramm.

Aus dieser Betrachtung kann man ersehen, daß die Kennlinien im Goldberg-Diagramm nur eine vereinfachte, idealisierte Darstellung der wirklichen Verhältnisse widerspiegeln, da das Goldberg-Diagramm aus nur wenigen Messungen mit einem Densitometer aufgestellt wird und im vorliegenden Fall etwa 100 000 Einzelmessungen in ein Diagramm eingehen.

In den Abbildungen 23 und 24 sind die entsprechenden Diagramme für den Teilprozeß Rasterpositiv – Druck und für den Gesamtprozeß Vorlage – Druck angeführt. Die Abbildungen 21, 23 und 24 unterstützen anschaulich die am Schluß dieses Berichtes angeführten Hinweise auf das Problem der Prozeßstandardisierung: Da die Streuungen vorwiegend zufallsbedingt sind, kann man sagen, daß ein Prozeß mit abnehmender Streubreite der Übergangsfunktionen bzw. der Kennlinienfelder auch als besser standardisierbar angesehen werden kann.

Konsequenzen und Möglichkeiten für den gegenwärtigen Entwicklungsstand und die zu erwartenden Innovationen in der Druckindustrie

Auf drei Problemkreise im Bereich der Reproduktions- und Drucktechnik sind die aus der Informationstheorie und den damit verbundenen Bildanalyseverfahren gewonnenen Erkenntnisse anwendbar:

1. Prozeßstandardisierung.
2. Analyse und Bewertung konventioneller Reproduktions- und Druckverfahren.
3. Analyse, Synthese und Bewertung zukunftsorientierter Vielfältigungs- und Druckverfahren.

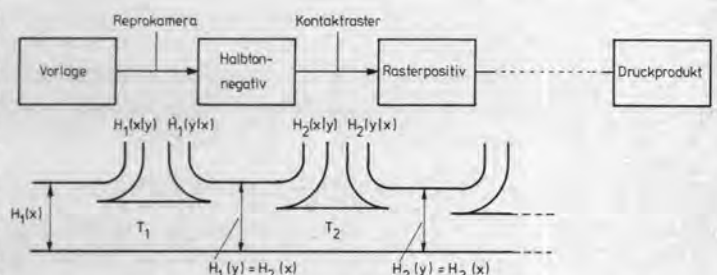


Abbildung 20: Schema eines Reproduktions- und Druckprozesses als Folge von informationsverarbeitenden Teilprozessen (Prozeß-Kaskade).

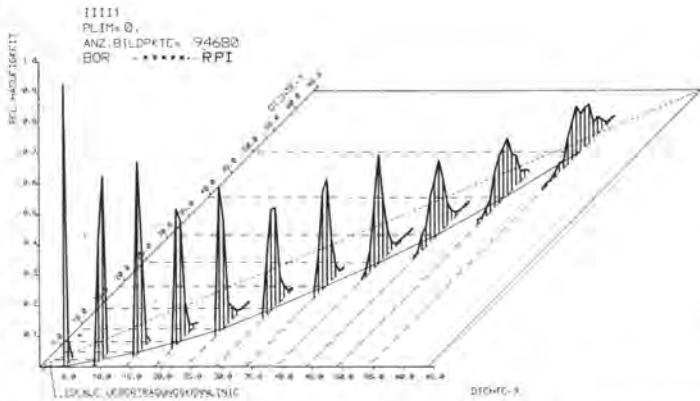


Abbildung 21: Darstellung der Übertragungsverhältnisse des Teilprozesses Vorlage - Rasterpositiv.

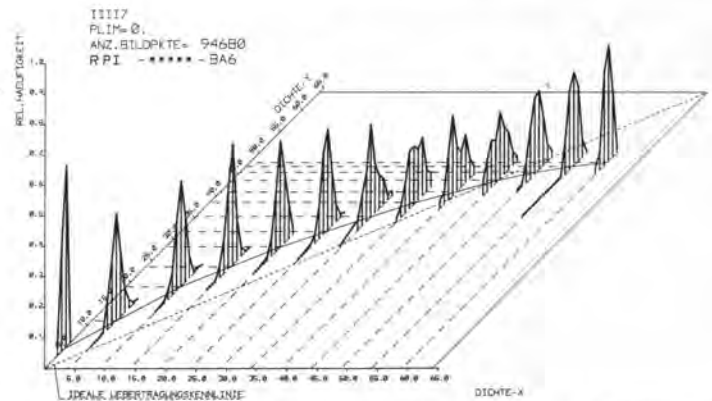


Abbildung 23: Darstellung der Übertragungsverhältnisse des Teilprozesses Rasterpositiv - Druck.

ren (»Ink-Jet«, elektrostatische und elektrografische Verfahren, Thermodruck u. a.).

1. Prozeßstandardisierung

Eine Standardisierung und damit eine Objektivierung des Produktionsprozesses ermöglicht den Schritt von handwerklichen zu industriellen Produktionsmethoden; damit verbunden ist eine bessere Qualitätssicherung, eine schnellere Auftragsabwicklung und damit eine höhere Rentabilität. Der Weg zur Standardisierung über normierte Kontrollmöglichkeiten setzt normierte Prozeßbedingungen voraus.

Zu den Prozeßbedingungen müssen u. a.

- o die Druckvorlage,
- o Kameras, Kopiergeräte, Densitometer,
- o Filme, Papiere, Chemikalien,
- o Druckplatten,
- o Druckmaschine,
- o Druckpapiere,
- o Druckfarben,
- o Feuchtmittel,
- o Umgebungseinflüsse wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftverschmutzung

und auch der Mensch als dominanter Faktor im Mensch-Maschine-System gezählt werden.

Normierbar sind Bedingungen, die physikalisch und chemisch definierbar und damit in Grenzen vorgebar und reproduzierbar sind. In der Reihe der Prozeßbedingungen trifft diese Forderung für die meisten der angeführten Komponenten zu. Nur die Druckvorlage und menschliche Verhaltensweisen sind nicht im technischen Sinn normierbar, wohl aber beeinflussbar.

Mit einer Normierung sind systembedingte Prozeßfehler zu vermeiden, nicht aber stochastische (zufallsbedingte) Einflüsse, wie sie durch Filmkornverteilung,

Farbinhomogenitäten, Schmutzteilen u. a. auftreten können.

Eine Standardisierung des Gesamtprozesses ist also nur in den Grenzen vorbestimmbarer Toleranzen möglich. Diese Problematik war bereits angesprochen worden und ist in den Abbildungen 21, 23 und 24 demonstriert. Weiterhin ist eine Standardisierung an definierte Eingangsvoraussetzungen, also an die Druckvorlage oder Original, und an Prozeßziele, ein der Vorlage gleiches Druckprodukt, gebunden.

Da ein Reproduktions- und Druckprozeß, bedingt durch die autotypische Halbtonsimulation und den Farbzusammendruck, nur einen relativ geringen Farb- und Helligkeitsumfang ohne Verluste verarbeiten kann, muß bei der Konzeption der Vorlage die anfangs besprochene Gestaltungsqualität auf das technisch realisierbare beschränkt bleiben. Diese Forderung steht auch in Einklang mit der am Anfang erwähnten Eigenschaft einer Signalquelle, die bei entsprechender Organisation der abgegebenen Signalfolgen die Übertragungseigenschaften eines realen Kanals (definiert durch die »Kapazität«)

optimal ausnutzen kann. Die drucktechnisch realisierbare Kanalkapazität reicht beispielsweise aus, ein Schachbrettmuster (als Signalquelle) mit einem Dichteumfang von 1.2 Dichteinheiten recht exakt zu vervielfältigen. Soll aber ein Farbdia reproduziert werden, dann reicht die Kanalkapazität, wie bereits oben mit anderen Begriffen erwähnt, nicht aus, so daß Informationsverluste und Störungen in Kauf genommen werden müssen.

Da Druckvorlagen in den meisten Fällen der Druckerei vom Kunden vorgegeben werden und dieser oft als Nichtfachmann über die anstehenden Schwierigkeiten ungenügend informiert ist, wird ein verkaufsfähiges Druckprodukt nur über Kompromisse und subjektiv geprägte Modifikationen (Retusche) beim Reproduktionsprozeß erzielt, wodurch die Möglichkeit einer Standardisierung erschwert wird.

Auch diese praktisch orientierte Vorgehensweise läßt sich auf das informationstheoretische Kanalmodell der Abbildung 16 zurückführen. Die in Abbildung 25 schematisch gezeigten Eingriffe »Retusche« und »Farbführung«

zielen darauf ab, Informationsverluste, die in vorangegangenen Teilprozessen durch zu geringe Kanalkapazität entstanden sind (z. B. ist beim Prozeß der Aufrasterung die erzielbare Rasterpunktgröße nach unten und oben begrenzt), wieder auszugleichen, womit eine Erhöhung der Transinformation angestrebt wird.

Da aber beispielsweise der Retuscheur oder der Drucker selbst wieder als Teil eines Parallel-Prozesses Vorlage - Druckplatte bzw. Vorlage - Druckmaschine anzusehen ist und somit auch wieder Störungen und Verluste impliziert, ist dieses Vorgehen auch hinsichtlich der Subjektivität der Retuschearbeiten nicht standardisierbar.

Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, wurden in letzter Zeit in Veröffentlichungen »verfahrensgerechte Druckvorlagen« (10, 11) und eine »Erziehung des Kunden zur besseren Vorlagenkritik« vorgeschlagen.

In diesen Aufsätzen werden auch Forderungen nach Normung und verbindlichen Richtlinien für die Beschaffenheit von Druckvorlagen laut, wobei die Subjektivität der Qualitätsbeurteilung als eine der Hauptschwierigkeiten angeführt wird.

Unter anderem wird betont, daß den Kunden primär nicht die Fertigungstechnik, sondern das Endresultat, also der originalgetreue Druck interessiert.

Die Simulation einer visuellen Qualitätskontrolle, wie sie als eine Voraussetzung zur automatischen Prozeßregelung bereits erwähnt wurde, sollte sich demnach an einer meßtechnisch erfassbaren Beziehung einer Druckvorlage zu ihrem gedruckten Abbild orientieren und dieser Anforderung werden die beschriebenen informationstheoretischen Ansätze prinzipiell gerecht.

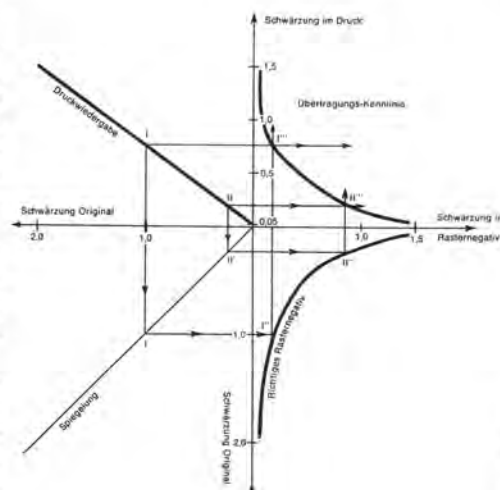


Abbildung 22: Beispiel eines Goldberg-Diagramms.

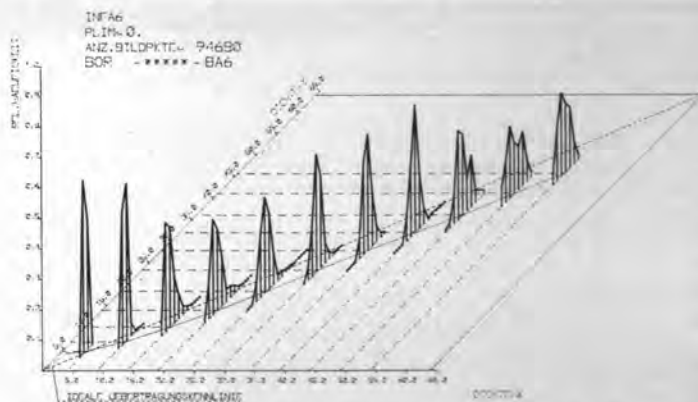


Abbildung 24: Darstellung des Übertragungsverhältnisses des Gesamtprozesses Vorlage - Druck.

2. Analyse und Bewertung konventioneller Repro- und Druckverfahren

Eine objektive Bewertung einer zur Vorlage relativen Druckqualität beinhaltet indirekt auch eine objektive Bewertung der am Prozeß beteiligten Apparate, Materialien und Fähigkeiten der Operateure. Durch eine Prozeßanalyse, d. h. durch eine Untersuchung von Einzelprozessen, können kritische Prozeßkomponenten (z. B. die Druckmaschine) herausgefiltert und gezielt verbessert werden.

Die Auswirkung der Modifikationen auf das Gesamtergebnis kann einmal praktisch, als auch durch eine digitale Simulation aller Prozesse im Rechner nachgeprüft werden.

Die Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der Übertragungsfunktionen, wie sie in den Abbildungen 21, 23 und 24 grafisch dargestellt sind. Ebenso kann der Andruck, im Grunde eine analoge Simulation des Fortdruckprozesses, durch eine digitale Simulation ersetzt werden, wobei das Ergebnis auch auf einem Display (Bildschirm) sichtbar gemacht werden kann. Die rechnergesteuerte digitale Andrucksimulation würde den Standardisierungsbestrebungen sehr entgegenkommen.

Das analog arbeitende »Chromoskop« von Hell ist ein ganz entscheidender Schritt in diese Richtung.

Für die Farbführung in der Druckmaschine lassen sich durch eine quantitative Bildanalyse die Anteile der farbdeckenden Bildstellen in den Nutzen zonenweise oder total errechnen. Damit könnten die elektronisch gesteuerten Zonenschraubenregelungssysteme (z. B. »CCI«-System von Roland) durch die Möglichkeit einer Voreinstellung verfeinert werden.

3. Analyse, Synthese und Bewertung zukunftsorientierter Vervielfältigungs- und Druckverfahren

Für neue oder zukunftsorientierte Vervielfältigungs- und Druckverfahren gilt grundsätzlich das für herkömmliche Verfahren Gesagte. Nur ist gerade bei neuen Technologien ein Zwang zu neuen Kontrollmethoden gegeben, da die bisher praktizierten Prüfverfahren an die Technologie des zu prüfenden Vorganges gebunden sind. Und gerade beim Vergleich der erzielten Output-Qualitäten von konventionellen und neuzeitlichen Vervielfältigungsverfahren sind verfahrens-unabhängige Prüfsysteme notwendig. Zusätzlich eröffnet die Möglichkeit der digitalen Simulation die Verkoppelung traditioneller Teilverfahren mit Teilverfahren neuerer Technologie, ohne auf eine vorerst vielleicht problematische praktische Durchführbarkeit dieser Koppelung Rücksicht nehmen zu müssen. Und mit neuen Technologien, die auch die herkömmlichen Druckverfahren aus vielen Bereichen verdrängt haben (z. B. Formulardruck) und noch verdrängt werden, muß gerechnet werden; allein schon aus Gründen der kürzeren Verfahrenswege, denn die Vielzahl von Teilprozessen, wie sie z. B. die Abbildung 19 für den Offsetprozeß zeigt, verringert die Chance einer befriedigenden Standardisierung. Auch die vielen beim Informationsträgerwechsel (z. B. Papier - Film - Platte - Papier) benötigten Materialien werden langfristig wegen Materialverwertung neueren kürzeren Verfahrenswegen den Vorzug lassen müssen.

Auch für die in den reproduktions- und drucktechnisch orientierten Interessenvereinigungen aufgenommenen Arbeiten hin-

sichtlich einer gezielten Innovationsforschung können die in diesem Bericht beschriebenen Möglichkeiten eine Hilfe sein.

Möglichkeiten der technischen Realisierung

Die geschilderten Untersuchungen und praktischen Beweise wurden mit unbunten Druckvorlagen (Schwarzweiß-Fotografien) durchgeführt, da die zur Verfügung stehende apparative Ausrüstung nicht für farbige Bilder sinnvoll einzusetzen war. Grundsätzlich lassen sich mit den heutigen Möglichkeiten der Bilddatenerfassung, Speicherung und Verarbeitung Farbprozesse nach den geschilderten Verfahren analysieren. Die bisherigen Versuche, deren Parameter Detailauflösungen, Kontrastempfindlichkeit und Anzahl der erfaßten Bildpunkte sich an augenphysiologischen Kriterien orientieren mußten, haben auch ergeben, daß der Meß- und Rechenaufwand für praxisgerechte Aufgaben wesentlich reduziert werden kann. Die stürmische Entwicklung auf dem Gebiet der Optoelektronik (»Charge-Coupled Devices« u. a.) wird auch in Hinsicht auf Miniaturisierung und Verbilligung der Abtast-Hardware Vereinfachungen mit sich bringen.

Nach dem heutigen Stand der Technologie würden Online-Messungen in der Druckmaschine bei Papierbahn-Geschwindigkeiten bis zu 8 m/s möglich sein, entsprechend bei Bogenmaschinen. Problemoptimierte Kleinrechner mit relativ einfacher Software könnten die anfallenden Daten schnell genug zu aussagefähigen Kenngrößen verarbeiten. Da sich die Kostenentwicklung auf dem Markt der elektronischen Bauelemente auch auf lange Sicht für den Verbraucher immer günstiger gestalten wird, kann auch aus wirtschaftlichen Aspekten in naher Zukunft eine Realisierung der Qualitätssicherung mit Hilfe der Informationstheorie in der Praxis möglich sein. Mit Sicherheit werden dann aus der Erfahrung im Betrieb weitere Anwendungsmöglichkeiten, besonders hinsichtlich einer allgemeinen Bildanalyse, abgeleitet werden können.

Die beschriebenen Untersuchungen reichen für einen praxis-

nahen Einsatz sicherlich nicht aus, sondern müßten mit industrieller Unterstützung fachlicher und finanzieller Art weitergetrieben werden. Daß wir mit unseren Vorstellungen nicht allein sind, zeigen die Publikationen der sowjetischen und DDR-Fachliteratur [12, 13, 14], die schon seit Jahren die informationstheoretisch orientierte Beschreibung polygrafischer Prozesse diskutieren, aber leider noch praktisch orientierte Ergebnisse vermissen lassen.

Wem heute die geschilderten Möglichkeiten zu futuristisch erscheinen, mag sich daran erinnern, daß z. B. das »Ink-Jet«-Verfahren vor fünf Jahren noch als Spielerei abgetan wurde, daß die Bildschirmzeitung und andere Informationssysteme via Monitor und Fernschreiber vor zwei Jahren nur als Wunschvorstellung einiger weniger Fachleute realisierbar und sinnvoll erschienen oder daß die Entwicklung höchstintegrierter Digitalspeicher mit einer Million Speicherzellen auf einer Fläche von 1 bis 2 cm² noch vor einem Jahr für unmöglich gehalten wurde. Alle genannten Fakten werden heute ernsthaft diskutiert und für die nächste Zukunft, d. h. bis Anfang der 80er Jahre, die praktische Realisierung bestätigt.

Bei diesen Aussichten des Ersatzes der »Schwarzen Kunst« durch einen »Schwarzen Kasten« ist es tröstlich zu wissen, daß wenigstens am Eingang und Ausgang des Kastens der Mensch dominant bleiben wird und die »Kunst« auf dem schöpferischen Sektor ihr ureigenstes Domizil behaupten wird.

Literaturverzeichnis

1. Hradezky, R.: »Objektive Qualitätsbeurteilung von Druckprodukten und Möglichkeiten zur analytischen Behandlung von Reproduktions- und Druckprozessen mit Hilfe der Informationstheorie«, Diss. TH Darmstadt 1977.
2. Wolf, K.: »Beitrag zur Systemtheorie der Druckverfahren«, Diss. TH Darmstadt 1970.

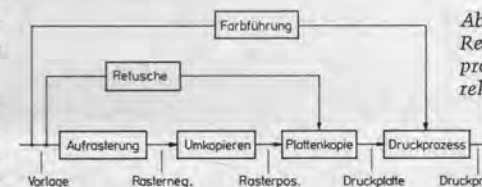


Abbildung 25: Schema eines Reproduktions- und Druckprozesses, in dem durch Korrektoreingriffe im direkten Vergleich mit der Prozeßvorlage die Transinformation erhöht werden kann.

3. Shannon, C. E., Weaver, W.: "A Mathematical Theory of Communication", University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 1964.
4. Scheuter, K. R., Hradezky, R.: "Informationstheorie und Drucktechnik — Ein informationstheoretisches Gütemaß für Druckprodukte", AEU, Band 31 (1977), S. 371-374.
5. Scheuter, K. R.: "Ist Qualität von Reproduktionen meßbar", Druck Print 9/1972, S. 587-596.
6. Brillouin, L.: "Science and Information Theory", Academic Press, Publishers, New York, 1967.
7. David, H. A.: "The Method of Paired Comparisons", Griffin's Statistical Monographs & Courses No 12, Charles Griffin & Company Limited, London, 1963.
8. Sixtl, Friedrich: "Meßmethoden der Psychologie", Verlag Julius Beltz, Weinheim, 1967, S. 166.
9. Larsson, Lars O., Johannsson, P.-A.: "Print Quality as a function of some optical properties of paper", 13th International Conference of IARIGAI, 1975.
10. Von Gall, Ference, Dipl.-Ing.: "Densitometer 1972" 2. Teil: "Densitometrische Messungen an einer laufenden Rollenoffsetmaschine", Fachhefte 4/72.
11. Schröder, Werner: "Methoden zur Stabilisierung der Druckqualität im Offsetdruck", Der Polygraph 4-75.
12. Yu. Ovchinnikov, I. Fainberg, R. Litvan, I. Solntsev, N. Avatkova: "A new approach to programming in photomechanical reproduction", 12th Int. Conf. of IARIGAI, Versailles, 1973.
13. Rausendorff, Dipl. oec., Woitzschig, E., Dipl.-Ing.: "Zu Anwendungsmöglichkeiten der informationstheoretischen Entropie in der Polygrafie", Papier und Druck 4/75.
14. Fritzsche, K., Dr. rer. nat., Kunisch, J., Dr. oec.: "Grundgedanken zur informationstheoretischen Modellierung polygrafischer Prozesse", Papier und Druck 5/75.